Aus dem Hygienischen Institut der Universität Würzburg.
Vorstand: Professor Dr. M. K n o r r.

Die Widerlegung der Urzeugung

(αὐτόματοςγὲνετις, Generatio aequivoca, Generatio spontanea, Abiogenesis, Archebiosis, Archegonie, Heterogenie)

im neunzehnten Jahrhundert

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Wilhelm Krug,

Zahnarzt aus Essen/Ruhr.

1939

Dissertationsverlag Karl J. Triltsch, Würzburg

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Berichterstatter:
Professor Dr. M. Knorr.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einleitung:

Seit Aristoteles hat die Lehre der Urzeugung die wissenschaftliche Welt beschäftigt. Im 17. Jahrhundert fand sie erst recht weitere Verbreitung, da man mit dem Mikroskop nun tatsächlich sah, daß aus organischen Stoffen, in denen vorher nichts zu sehen war, plötzlich Leben entstand.

Im 18. Jahrhundert hat die Lehre der Urzeugung mit Zunahme des Experimentes in der Naturwissenschaft eine außerordentlich widersprechende Darlegung gefunden, die vor allem an die Namen Needham und Spallanzani gebunden ist. Es ist anderen vorbehalten, die Zeiten vor 1800 klarzulegen. Meine Aufgabe war es nur das 19. Jahrhundert, in dem wohl am meisten experimentell über diese Fragen gearbeitet wurde, an Hand sämtlicher Originalarbeiten zu untersuchen. In der Geschichte der Bakteriologie fehlt bisher eine derartige Darstellung, die für die Ereignisse gegen Ende des Jahrhunderts geradezu die Vorbedingung war.

In der vorliegenden Abhandlung soll so vorgegangen werden, daß die wichtigsten Ergebnisse im Text zusammengefaßt sind, und das Schrifttum in größerem Umfange im Anhang aufgenommen wird. Letzteres ist deshalb nötig, weil die Schriften teilweise schwer erreichbar sind, und sich nur so der Leser eine rechte Vorstellung vom Geist der Zeit und den ihm entsprechenden naturwissenschaftlichen Ereignissen machen kann.

Der Versuch von Franz Schulze*) (1) 1836.

Bereits im 18. Jahrhundert hatte der italienische Abt Spallanzani versucht, die Urzeugung experimentell zu widerlegen. Er hatte organische Stoffe in einem Gefäß gekocht und dieses Gefäß nach erfolgter Abkühlung luftdicht verschlossen. Gegen diesen Versuch erhoben Needham und seine Anhänger den Einwand, er habe die Luft abgesperrt und dadurch eine wesentliche Bedingung für das Entstehen von Lebewesen durch Urzeugung vernachlässigt.

Im 19. Jahrhundert machte als erster Franz Schulze den Versuch, die Urzeugung zu widerlegen. Er suchte in seinem Aufsatz: Vorläufige Mitteilung der Resultate einer experimentellen Beobachtung über Generatio aequivoca, den Einwand, den man gegen Spallanzani gemacht hatte, durch folgenden Versuch zu entkräftigen.

In einen Glaskolben füllte er destilliertes Wasser und verschiedene tierische und pflanzliche Stoffe. Ein Kork verschloß den Kolben. Durch den Kork liefen 2 Glasröhren. Um die Keime, die in dem organischen Stoff vorhanden waren, abzutöten, kochte Schulze den Inhalt des Kolbens. Um nun zu verhindern, daß mit der Luft Keime in die Flüssigkeit gelangten, verband er die Glasröhren je mit einem Kugelapparat. Er füllte in den einen Schwefelsäure, in den anderen Kalilauge. Sog er nun an dem offenen Ende des Apparates, der die Kalilauge enthielt, so trat die Luft durch die Schwefelsäure hindurch in den Kolben. Auf diese Weise verhinderte Schulze einmal, daß Keime aus der Luft in den gekochten Stoff gelangten, andererseits wurde dem Stoff dauernd Luft zugeführt und so der Einwand gegen die Versuche Spallanzanis entkräftigt.

Die Kalilauge hatte neben dem Luftabschluß wohl die Aufgabe zu verhüten, daß sich Schulze beim Saugen ansteckte, indem er „faulende Stoffe" aufnahm.

Alkalien waren damals als Desinfektionsmittel beliebt. In dem Kolben trat keine Fäulnis oder Gärung ein. Bei der Untersuchung, die Schulze nach zwei Monaten vornahm, fand er keine Lebewesen, d. h. es hatte keine Urzeugung stattgefunden.

---

*) Dr. phil. Franz Schulze wurde 1815 in Naumburg geboren. Er war zuerst Lehrer der Chemie an der landwirtschaftlichen Anstalt zu Eldena. Dann wurde er außerordentlicher Professor der Chemie an der Universität in Greifswald. Seit 1850 war er ordentlicher Professor der Chemie in Rostock

Gegen diesen ebenso einfachen wie einleuchtenden Versuch konnte doch noch ein Einwand gemacht werden: *Ist es nicht möglich, daß der Durchtritt der Luft durch die Schwefelsäure diese so verändert, daß sie zur Urzeugung unfähig wird?*

Die Versuche von Theodor Schwann*) (2) 1837.

Schwann hatte bereits im Jahre 1836 die Versuche Spallanzanis wiederholt und veröffentlicht.

Auch er sucht den Einwand gegen Spallanzani zu beseitigen, indem er Luft zuführt. Seine Abhandlung erschien unter der Überschrift: Vorläufige Mitteilung, betreffend Versuche über die Weingärung und Fäulnis. Da man gerade in faulenden und gärenden Stoffen immer das Erscheinen von Lebewesen beobachtet hatte, ist die Frage nach dem Wesen der Fäulnis und Gärung eng mit der Frage der Urzeugung verknüpft.

Um die Luft zu erneuern, änderte Schwann seine ersten Versuche folgendermaßen.

In ein Fläschchen füllte er Fleisch und Wasser. Durch den Kork, der das Fläschchen verschloß, liefen zwei Glasröhren. Die Glasröhrchen lagen für einen Teil ihres Verlaufes in einer erhitzten, leichtflüssigen Metallmischung. Eines der Glasröhrchen wurde mit einem Gasometer verbunden. Nachdem der gekochte Stoff wieder erkaltet war, wurde vermittels des Gasometers dauernd Luft in das Fläschchen gelassen. Die Luft wurde jedoch in der Metallmischung so erwärmt, daß alle in ihr sich befindenden Keime abgetötet wurden. Damit konnten von der Luft aus, ebenso wie bei Schulze, keine Keime in die Flüssigkeit gelangen.

Aber auch gegen diesen Versuch konnten die Anhänger der Urzeugung einwenden, daß das Erhitzen der Luft diese irgendwie so verändere, daß sie zur Urzeugung untauglich wird.

Da Schwann keine Fäulnis in seinen Fläschchen erhielt und ebenfalls keine Lebewesen, *kam er als erster zu der Vermutung, daß die mikroskopischen Lebewesen die Fäulnis verursachen.*

Um das Wesen der Weingärung zu klären, füllte er vier Fläschchen mit Rohrzucker, mit Bierhefe vermischt. Diesen Fläschchen

*) Dr. med. Theodor Schwann, geboren 1810 in Neuß, war von 1834—1839 Assistent am anatomischen Museum in Berlin, dann Professor an der Universität in Löwen bis 1848 und seitdem Professor an der Universität in Lüttich.

wurde nach dem Erhitzen ebenfalls geglühte Luft zugeführt. Meistens trat keine Gärung ein. Hin und wieder mißlangen allerdings diese Versuche und *gaben bis in die Zeit Pasteur's hinein Anlaß zur Unklarheit und den Anhängern der Urzeugung eine neue Stütze.*

Schulze wie Schwann hatten nicht alle Einwände, die man gegen einen Versuch, der die Urzeugung widerlegen sollte, erheben konnte, beseitigt. Immerhin hatten sie gezeigt, daß in einer gekochten, organischen Flüssigkeit, auch wenn man ihr Luft zuführte, sofern diese nur mit Schwefelsäure behandelt oder erhitzt worden war, keine Fäulnis oder Gärung eintrat und das Erscheinen von mikroskopischen Lebewesen ausblieb. Die Streitfrage war nun folgende:

Ist Fäulnis und Gärung an das Wachstum der mikroskopischen Lebewesen gebunden oder entstehen diese Lebewesen erst bei der Fäulnis und Gärung, die dann durch einen anderen Vorgang hervorgerufen wird und durch welchen?

Die Versuche von Ure (3) 1840, Helmholtz (4) 18483 und Leuckart (5) 1853.

Die Versuche brachten *keinen wesentlichen Fortschritt* in der Klärung der Frage Fäulnis und Gärung und damit der Urzeugung. Sie waren mehr oder weniger eine Wiederholung und Bestätigung der Versuche von Schulze und Schwann.

Ure will untersuchen, *ob das Wachstum der Hefe die Gärung verursacht.*

Er wiederholte als erstes Schwann's Versuch mit dem gleichen Ergebnis. Dann änderte er die Versuchsanordnung so, wie es schon Schwann angegeben hatte. Die Glasröhren wurden zu einer Spirale gebogen und nach dem Kochen zugeschmolzen. Sobald er Luft in den Kolben lassen wollte, schmolz er wieder auf, stellte aber eine Spirituslampe unter die Glasröhre um die Luft auszuglühen. Er erhielt das nämliche Ergebnis wie Schwann. Ure glaubte damit seine Annahme bestätigt gefunden zu haben.

Helmholtz wollte beweisen, daß geglühte Luft vollkommen unfähig sei, Fäulnis oder Gärung hervorzurufen.

Er wiederholte ebenfalls die Versuche von Schwann und Ure, nur daß er die Glasröhren mit Siegellack verschloß, anstatt sie zuzuschmelzen.

Wichtiger ist, daß er zeigt, daß auch der Sauerstoff keine Fäulnis und Gärung hervorbringt, *daß also der Sauerstoff nicht das Mittel*

ist, das sich nach der Anschauung der Anhänger der Urzeugung in der Luft befinden soll und unentbehrlich für das Entstehen von Lebewesen ist.

Er schloß zu diesem Zweck Fleisch, Leimlösungen und Traubensaft ausgekocht in Flaschen ein und bewirkte durch einen mittels Platindrähte hindurchgeleiteten elektrischen Strom eine Sauerstoffentwicklung.

Er betonte, daß es zum Gelingen eines Versuches unbedingt erforderlich sei, sowohl alle benützten Stoffe wie jeden einzelnen Teil der verwendeten Apparate einer Temperatur von 100° auszusetzen.

Diesen Versuch wiederholen fast alle nachfolgenden Verfasser bis einschließlich Pasteur aus folgendem Grunde.

Appert hatte die ersten Konserven hergestellt. Gay-Lussac zeigte, daß sich in den Appert'schen Konserven kein Sauerstoff mehr befand. Die Annahme, daß die Abwesenheit des Sauerstoffs Fäulnis und Gärung und damit die Urzeugung verhindere, lag also für die Anhänger der Urzeugung nahe.

Die Versuche von Leuckart waren wohl mehr dazu angetan, Unklarheit statt Klarheit in der Frage Urzeugung zu schaffen.

Er vermischte frisches Fleisch, frische Fruchtsäfte, Mehl, Heu usw. mit Quellwasser, füllte diese Stoffe in Medizinfläschchen, kochte und verkorkte dann die Fläschchen, sobald sie sich abkühlten. Das Ergebnis war verschieden. Manche Gläser blieben frei von Lebewesen, in anderen trat Fäulnis und Gärung ein.

Bis zum Jahre 1853 war also, wie wir sahen, nach den Versuchen von Schulze und Schwann die Klärung der Frage Urzeugung um keinen Schritt weiter gebracht worden. Ure hatte mit Schwann's Versuchsanordnung nur dessen Ergebnisse über die Gärung wiederholt und die Vermutung Schwann's, daß die Gärung an die Hefe gebunden ist, bestätigen können. Helmholtz hatte ebenfalls die Versuchsanordnung von Schwann, wenn auch mit einer geringfügigen Änderung, benützt. Leuckart sorgte nicht einmal für neue Luftzufuhr. Er erhielt dazu noch wechselnde Ergebnisse. Seine Versuchsanordnung endlich war nicht dazu angetan, ein eindeutiges Bild zu ergeben.

Die Versuche von van den Broek (6) 1860.

Im Jahre 1858 hatte van den Broek seine Untersuchungen über die Gärung und Fäulnis der Provinzialgesellschaft für Kunst und Wissenschaft in Utrecht vorgelegt.

Obwohl seine Versuche erst 1860 in Deutschland erschienen, möchte ich ihn an dieser Stelle einflechten, um den Zusammenhang zwischen Schröder und v. Dusch, Hoffmann und Pasteur nicht zu unterbrechen. Seine Versuche über die Gärung und Fäulnis an für sich sind im großen und ganzen nur eine Bestätigung der bisherigen Erkenntnisse sowie der Versuche Schröders. Von Wichtigkeit sind die Versuche, durch die van den Broek zum erstenmal zeigt, *daß keimfrei entnommene Stoffe unzersetzt bleiben, solange sie nicht mit der Außenwelt in Berührung kommen.*

Zu diesem Zweck nahm er kleine Medizingläser, füllte sie mit Quecksilber und erhitzte das Quecksilber, um Keime, die sich in den Gläsern befinden konnten, abzutöten. Die Gläser wurden nun in ebenfalls erhitztes Quecksilber umgestürzt und befestigt. Jetzt nahm van den Broek Beeren von Trauben, tauchte sie unter das Quecksilber und ließ durch Drücken einen Teil des Saftes ausfließen, der dann in die Gläser über das Quecksilber emporstieg. Auf die gleiche Weise brachte er Eiweiß und Eigelb in die Gläschen. Um Galle und Harn eines Hundes ebenso in die Medizingläser zu bekommen, unterband er die Gallen- und Harnblasen der Tiere sofort nach deren Tode, tauchte sie dann unter das Quecksilber und durchstach sie mit einem Messer. Die genannten Stoffe stiegen nun natürlich in die Gläser. Es trat in ihnen nicht die geringste Veränderung ein.

Damit hatte van den Broek als erster gezeigt, daß man fäulnis- und gärungsfähige Stoffe nicht einmal vorher irgendwelcher Behandlung, d. h. in unserem Falle meist der Hitze, zu unterwerfen braucht, um Gärung und Fäulnis und damit das Erscheinen mikroskopischer Lebewesen zu verhindern. *Der Einwand der Anhänger der Urzeugung, daß das Kochen den Stoff, aus dem sich die Lebewesen bilden sollen, so verändere, daß er zur Urzeugung untauglich wird, ist somit zunichte geworden.*

Derartige Versuche waren ihrer Zeit weit voraus und haben zweifellos auch Pasteur die größten Anregungen gegeben. Man kann ihnen hingegen keine allzu große tatsächliche Bedeutung beimessen, weil dabei mit Metallen gearbeitet wurde. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß die *oligodynamische Wirkung des Quecksilbers eine Zersetzung verhütet hat.* (Naegeli, Laubenheimer u. a. stellten selbst eine starke oligodynamische Fernwirkung, durch Verdampfung, fest.)

Die Versuche Schröders und v. Dusch's (7) 1854*).

Einen wesentlichen Fortschritt in der Frage der Fäulnis und Gärung und damit der Urzeugung brachten Schröder und v. Dusch in ihren 1854 veröffentlichten Versuchen. Sie zeigten nämlich, daß gärungs- und fäulnisfähige, gekochte Stoffe schon unzersetzt blieben, wenn man nur die hinzutretende Luft durch Baumwolle filtrierte, und so das Eindringen von Keimen aus der Luft in den Versuchskolben verhinderte. Sie füllten Fleisch- oder Malzwürze mit etwas Hopfen versetzt in einen Kolben. Dieser war wie üblich mit einem Kork verschlossen, durch welchen zwei Glasröhren liefen. Der Inhalt des Kolbens wurde gekocht. Die eine Glasröhre enthielt Baumwolle, die andere wurde nach dem Kochen an einen Aspirator angeschlossen, um Luft, die jetzt durch die Baumwolle filtriert wurde, zuzuführen. Das Fleisch und die Malzwürze blieben unverändert, da die Keime, die sie enthielten, durch das Kochen abgetötet waren und die Keime, welche aus der Luft hineingelangen konnten, durch die Baumwolle festgehalten wurden.

Bei einer neuen Versuchsreihe banden Schröder und v. Dusch nach dem Kochen einfach einen dicken Baumwollpfropf an den Kolbenhals. Ein anderer Kolben wurde gar nicht verschlossen, *sondern enthielt im Kork nur eine 1 Fuß lange Glasröhre, um den Zutritt der Luft zu verzögern.* Dieser Kolben zeigte allerdings bald Schimmelbildung. Auf dieser Grundlage, nämlich den Luftzutritt so zu verlangsamen, daß sich alle Keime in der Röhre zu Boden setzen, beruhen, wie wir sehen werden, die Erfolge von Pasteur und Hoffmann.

Behandelten Schröder und v. Dusch jedoch Milch, Fleisch ohne Wasser auf die oben angegebene Art und Weise, so erhielten sie Fäulnis in ihren Kolben.

Daher schlossen sie, daß es zweierlei freiwillige Zersetzungen organischer Stoffe gebe, die nicht auf dieselbe Ursache zurückzuführen seien. Die Fäulnis des Fleisches, die Gärung der Milch bedürfe nur

---

*) Heinrich Schröder, geb. 1810 in München, war von 1833 bis 1836 Professor der Mathematik und Physik an der polytechnischen Zentralschule in München. Von 1836 bis 1840 an der Kantonschule in Solothurn. Dann Direktor der höheren Bürgerschule in Mannheim.

Freiherr Theodor v. Dusch, geboren 1824 in Karlsruhe, war von 1856 bis 1870 außerordentlicher Professor der Pathologie in Heidelberg. Seit 1870 war er ordentlicher Professor und Direktor der medizinischen Poliklinik in Heidelberg.

des Sauerstoffs der Luft, während bei den Stoffen, die keine Fäulnis bezw. Gärung zeigten, auch die unbekannten Beimischungen der Luft vonnöten seien, die durch Baumwolle abgefangen würden.

Die Verfasser wollten dann Kohle, Schwefelblei, Bimstein, Glaspulver und Gips als Filtrationsmittel benutzen.

Schröder und v. Dusch hatten durch die Anwendung der Baumwolle einen neuen Weg zur Widerlegung der Urzeugung gefunden. Sie waren jedoch nicht darauf gekommen, daß es Keime, also Lebewesen, aus der Luft sind, die durch die Baumwolle abgefangen werden, sondern sprechen von unbekannten Beimischungen der Luft. Durch ihre wechselnden Ergebnisse bei Anwendung von Fleisch und Milch wurden sie sogar dazu geführt, den *Sauerstoff als Fäulnis- und Gärungserreger anzunehmen,* obwohl Helmholtz bereits das Gegenteil bewiesen hatte.

Die Versuche von Schröder (8) 1859 und 1861.

Schröder führte nach der Versetzung v. Dusch's die Versuche über die Filtration der Luft allein weiter fort. Er untersuchte die Stoffe, mit denen er vorher mit v. Dusch negative Ergebnisse erhalten hatte. Schröder beweist in diesen beiden Arbeiten, daß die Keime, die sich im Fleisch, in der Milch und im Eiweiß befinden, nicht durch bloßes Kochen bei 100° C getötet werden. Er war der erste, der über 100° C arbeitete und *vor allem war er der erste, der bei drei Atmosphären Dampfdruck die Keime in den Aufgüssen abtötete.*

Seine 1859 veröffentlichten Versuche änderte er sämtlich so, daß er nach dem Erhitzen den Kolbenhals nur lose mit Baumwolle verstopfte.

Schröder schmolz Eigelb, mit dem er ebenfalls bisher negative Ergebnisse erhalten hatte, in ein Glasrohr ein und *erhitzte im Ölbad längere Zeit bis auf 160° C.* Nach der Abkühlung wurde das Glasrohr geöffnet, das Eigelb in einen Kolben entleert, wieder aufgekocht und noch heiß mit Baumwolle lose verpfropft. Es erlitt keine Veränderung.

Mit der Milch, wie gewöhnlich auf 100° C erhitzt, erhielt er wechselnde Ergebnisse wie bisher.

Im Jahre 1861 gab Schröder dann die endgültigen Ergebnisse seiner Untersuchungen bekannt.

Eigelb, Fleisch und Milch wurden mit Wasser im Papin'schen Dampftopf bei drei Atmosphären Druck eine halbe Stunde lang gekocht, dann an offener Luft noch einmal aufgekocht und mit Baumwolle geschützt. Die Stoffe blieben vom 7. Okt. 1858 bis zum 13. Januar 1859 völlig unverändert.

Schröder stellte ferner fest, *daß sich die Fäulnis auf alle eiweißartigen Verbindungen übertragen läßt.* Er brachte hierzu mit einem Glasstab eine Spur geronnener Milch in gekochtes Eiweiß, Eigelb, Harn usw. Es trat jedesmal Fäulnis ein.

Die zwei grundlegenden Feststellungen Schröders, daß nämlich

1. die Luft gar keiner besonderen Einwirkung unterworfen zu werden braucht, um sie unfähig zu machen in gekochten Stoffen Fäulnis oder Gärung und das Erscheinen von Lebewesen hervorzurufen; daß
2. durch kurzes Aufkochen bei 100° C in der Regel die Keime, die sich in der Milch, im Fleisch usw. befinden, nicht abgetötet werden, sondern daß hierzu ein Erhitzen bei höherer Temperatur vonnöten ist,

werden von den beiden nachfolgenden Verfassern Hoffmann und Pasteur weiter ausgebaut und erhärtet.

Damit erkennen wir zum ersten Male zuverlässig die Vorläufer von Hoffmann und Pasteur.

Die Versuche von Hoffmann*) (9) 1860 und 1863.

Unter dem Titel: Mykologische Studien über die Gärung, veröffentlichte Hoffmann im Jahre 1860 seine ersten Versuche über die Gärung und Urzeugung in der Botanischen Zeitung.

Sein Verdienst in dieser Frage besteht erstens darin, daß er beweist, daß *nicht einmal ein Baumwollverschluß oder dergleichen notwendig* ist, um in gekochten, organischen Stoffen das Erscheinen von Fäulnis- oder Gärungserregern zu verhüten. Zweitens zeigt er, daß die Fäulnis und Gärung auf der *Vegetationskraft mikroskopischer Lebewesen beruht,* diese sind die Ursache der Fäulnis und Gärung und entstehen nicht erst durch den betreffenden Vorgang. Wichtig

*) Dr. med et phil. Heinrich Hoffmann, geboren 1819 in Rödelheim bei Frankfurt, war zuerst praktischer Arzt. Von 1842 bis 1848 war er Privatdozent der Botanik in Gießen, bis 1853 außerordentlicher und dann ordentlicher Professor der Botanik in Gießen. Dort starb er 1891.

sind ferner seine Feststellungen über die Widerstandsfähigkeit der Pilze, wodurch er die Versuche Schröders bestätigt.

Bei seinen Untersuchungen über die Hefe zeigte er zuerst, daß sich die Hefepilze auf der Oberfläche der Früchte befinden. Schüttelte er nämlich Stachelbeeren in Wasser, so konnte er mit diesem Wasser aus Zuckerlösung Kohlensäure entwickeln. Auch fand er auf der Oberfläche der Beeren dieselben Pilzsporen wieder, welche er im ausgepreßten Saft wahrnahm.

Schon in dieser Abhandlung zeigte Hoffmann, daß trockene Pilze eine Temperatur von 100° C während einer Stunde aushalten können, ohne ihre Keimkraft zu verlieren.

Er verweist bei seinen Untersuchungen über die Hefe auf die Versuche von Lüdersdorff. Dieser hatte frische *Hefe auf einem Reibstein mit Wasser abgerieben, so daß kein einziges Hefekügelchen mehr sichtbar war.* Bei Lüdersdorff hatte die Hefe ihre Fähigkeit, Alkoholgärung hervorzurufen, allerdingsv erloren. *Dieser Versuch ist insofern bemerkenswert, als Buchner 1897 mit durch Kieselgur zerriebener Hefe Gärung erzielte und daraufhin den Nobelpreis erhielt* (siehe Handwörterbuch der Chemie 1848, S. 231).

Der grundlegende Versuch Hoffmann's über die Urzeugung, worin er klarlegt, daß selbst der freie Luftzutritt keine Lebewesen und damit Fäulnis in gekochten organischen Stoffen erzeugt, wenn man nur verhindert, daß die Keime aus der Luft in die Versuchsflüssigkeit hineingelangen, war folgender.

Er füllte ein Glaskölbchen zur Hälfte mit organischer Flüssigkeit. Die Öffnung des Kölbchens wurde mit einem Kork verschlossen. Durch den Kork wurde eine Glasröhre geschoben, deren äußerres, freies Ende von Hoffmann hakenförmig ein bis zwei Zoll herabgebogen wurde. Er kochte eine Stunde lang, verschloß zuletzt das äußere Ende der Glasröhre mit Watte und entfernte sie erst wieder nach erfolgter Abkühlung. Der Inhalt des Kolbens stand nun in direkter, freier Verbindung mit der äußeren Luft. Er blieb 6 Monate lang unverändert und zwar nur, weil die Sporen aus der Luft nun nicht in das Glas hineinfallen konnten.

Hoffmann machte diese Vesuche mit Fleischbrühe, Bierwürze, Milch, Apfelstückchen usw.

Seine nächsten Versuche über die Urzeugung erschienen unter der Überschrift: Neue Beobachtungen über Bakterien mit Rücksicht auf Generatio spontanea 1863.

Hierin stellte er besonders, angeregt durch Schröders letzte Arbeit, fest, daß eine kurze Erhitzung auf 100° C nicht genügt, um

alle Bakterien in den Aufgüssen abzutöten, worauf die anderen Ergebnisse der Urzeugung zurückzuführen sind.

Um die Widerstandsfähigkeit der Bakterien gegen Hitze zu prüfen, brachte er etwas Jauche mit Brunnenwasser vermischt in ein Reagenzglas und kochte dann. Das Ergebnis war folgendes: Hatte er die Flüssigkeit eine halbe, eine oder zwei Minuten lang gekocht und dann untersucht, so fand er viele lebende Bakterien. Kochte Hoffmann 8, 10 Minuten oder eine halbe Stunde, so erhielt er noch selten lebende Bakterien. Hatte er jedoch eine oder zwei Stunden lang gekocht, dann zeigten sich niemals wieder lebende Bakterien. Er kam daher sehr richtig zu dem Schluß: Bei längerem Kochen gehen die meisten Bakterien zugrunde, während die einzelnen überlebenden später auskeimen und dann eine Urzeugung vortäuschen.

Gegen Ende seiner Abhandlung führte Hoffmann aus, daß die *Pilzsporen durch feuchte Wärme schneller abgetötet werden als durch trockene.* Die Sporen des Flugbrandes der Gerste (Uredo segetum) konnten trocken bis auf 128° C erwärmt werden, ohne ihre Keimkraft zu verlieren. Bei feuchter Wärme lag ihr Tötungspunkt bei 58,5—62° C. Die Sporen von Uredo destruens konnten trocken ebenfalls auf 128° C erhitzt werden. Feucht hielten sie nur eine Temperatur von 70—73° C zwei Stunden lang aus.

Die Versuche von Louis Pasteur (10) 1860 bis 1862.

Pasteur hatte seine ersten Versuche bereits 1860 in den Comptes rendus veröffentlicht. 1862 schrieb er dann die Abhandlung, die alle seine Versuche und Erkenntnisse umfaßt.

Er kam in seinen außerordentlich zahlreichen Versuchen, unabhängig von Hoffmann, zu den gleichen Punkten, die schon dieser herausgeschält hatte, nämlich, daß

1. *die Luft gar keiner Behandlung unterworfen zu werden braucht,*
2. *daß nicht alle Keime bei 100° C vernichtet werden,*
3. *daß die Fäulnis und Gärung durch Mikroorganismen hervorgerufen wird.*

Mit Pasteur, der alle noch zweifelhaften Fragen hinsichtlich der Urzeugung klärte, ist der Höhepunkt und praktisch auch das Ende des Streites um die Urzeugung gekommen. Daß dieser Streit nach Pasteur noch weiter fortgeführt wurde, lag lediglich daran, daß diese Forscher eine der wichtigsten Feststellungen Schröder's, Hoffmann's und Pasteur's, die Widerstandsfähigkeit der Bak-

terien betreffend, unbeachtet ließen. Nur aus diesem Grunde ging der Streit noch bis zum Jahre 1875 weiter.

Pasteur wurde durch seine Studien über die Gärung und Fermente, wie schon die anderen Forscher vor ihm, darauf geführt, sich mit der Urzeugung zu beschäftigen.

Er zeigte, daß in der Luft genügend Keime vorkommen, um einen offenstehenden fäulnis- oder gärungsfähigen Stoff zu zersetzen, indem er Luft durch Baumwolle streichen ließ und *diese Baumwolle dann in eine Nährlösung brachte.* Er wiederholte Schwann's Versuche mit geglühter Luft. Die Milch, mit der zuerst negative Ergebnisse erhalten hatte, kochte er bei 110° C.

Unter der Überschrift: *Eine andere sehr einfache Methode, um zu zeigen, daß alle organisierten Gebilde der Aufgüsse, welche vorher erhitzt wurden, ihr Entstehen den Körperchen verdanken, die in der atmosphärischen Luft suspendiert sind,* machte Pasteur den bekannten Versuch mit dem sogenannten Schwanenhalskolben. Er brachte in einen Glasballon Bierhefe, Urin, Rübensaft oder Pfefferwasser, zog vor der Lampe den Hals des Ballons aus, um ihm verschiedene Krümmungen zu geben. Nun kochte er einige Minuten und ließ erkalten.

Die Flüssigkeit blieb für unbestimmte Zeit unzersetzt, da in diesem Versuch, ebenso wie bei Hoffmann, keine Keime aus der Luft hineingelangen konnten, weil sie sich hier in den Windungen und Krümmungen absetzten. Dieses ist der wichtigste Versuch Pasteurs, um die Urzeugung zu widerlegen.

Er bewies ferner, daß einzelne der in der Luft schwebenden Keime einer Temperatur von 100° C während einer Stunde widerstehen. Er fand, daß die Sporen von *Penicillium glaucum,* bei Abschluß jeglicher Feuchtigkeit eine Temperatur bis zu 120° C aushalten können. Über die Widerstandsfähigkeit der Bakterien machte er noch eine Reihe anderer Versuche.

Es ist wichtig, die Untersuchungen Schröders, Hoffmanns und Pasteurs, die Resistenz der Bakterien betreffend, zu betonen, da nach der verbreiteten Ansicht jener Zeit eine Temperatur von 100° C genügte, um alle Keime abzutöten. Hatten Autoren, von dieser Anschauung ausgehend, nur bei 100° C für kurze Zeit gekocht und dann Bakterien in ihrer Flüssigkeit erhalten, so waren sie natürlich geneigt, an eine Urzeugung zu glauben. In Wirklichkeit waren es in solch einem Falle „praeexistierende" Keime gewesen, die der betreffenden Hitzeeinwirkung entgangen waren und dann eine Generatio spontanea vortäuschen.

Die Versuche über die Urzeugung waren bisher immer mit gekochten Aufgüssen organischer Stoffe vorgenommen worden. Pasteur bewies, daß das Auftreten niederer Lebewesen die Gegenwart organischer Stoffe nicht voraussetzt und widerlegte so die Annahme, der organische Stoff an sich berge eine Kraft zum spontanen Entstehen von Keimen und diese Kraft könnte durch das Kochen verloren gehen. *Er nahm destilliertes Wasser, Ammoniaksalz, Zucker und Phosphate, säte hierin Staub aus der Luft aus und erhielt die verschiedensten Pilze und Bakterien.* Damit hatte Pasteur zum erstenmal einen synthetischen Nährboden benutzt.

Mit der Beschreibung des ersten künstlichen Nährboden beschloß Pasteur seine Abhandlung. Sie war geeignet, alle Unklarheiten in bezug auf die Frage Urzeugung aufzuhellen und den Streit zugunsten der Leugner der Generatio spontanea zu entscheiden.

Der Versuch von Rindfleisch (11) 1872.

Im Jahre 1872 kam Rindfleisch durch Versuche, die ganz abseits den bisherigen standen, zu einer Verneinung der Urzeugung. Ich will sie an dieser Stelle kurz einfügen.

Er hatte zuerst frisches Fleisch genommen, in einem Tropfen destillierten Wassers unter das Mikroskop gebracht und solange beobachtet, bis sich reichliche Mengen von Bakterien gebildet hatten. Nahm er Brunnenwasser, so trat die Bakterienbildung noch reichlicher auf. Das brachte ihn auf die Vermutung, daß auch das destillierte Wasser nicht frei von Keimen sei. Daher änderte er seinen Versuch folgendermaßen. Er hielt einen Objektträger über Wasserdampf, sodaß sich dieser beschlug. Nun fügte er von einem kurz vorher getöteten Meerschweinchen, dem die Haut per Scalp abgezogen worden war, ein Stückchen Muskel hinzu und untersuchte. Selbst bei wochenlanger Beobachtung entstanden keine Bakterien. Daher kam er zu dem Schluß, daß die Bakterien nicht durch Generatio aequivoca aus faulenden Stoffen entstehen.

Die Widerlegung der Versuche Bastians (12) und Huizinga's (13) durch Sanderson (14), Samuelson (15), Gscheidlen (16), Putzey's (17) und Cohn (18).

Der Streit um die Urzeugung hängt in dem letzten, folgenden Teil nur von der einen Frage ab: Ist eine Temperatur von 100° C bei

kurzer Dauer genügend zur Abtötung aller Keime, die sich in der Versuchsflüssigkeit befinden? Die Anhänger der Urzeugung bejahen diese Frage, die Leugner der Generatio spontanea verneinen sie natürlich.

Da die Fortführung des Streites nur darauf beruht, daß die Anhänger der Abiogenesis die Ergebnisse von Schröder, Hoffmann und Pasteur unbeachtet lassen und die Leugner der Urzeugung nur noch einmal festzustellen haben, daß es doch „praeexistierende" Keime sind, die der betreffenden Hitzeeinwirkung widerstanden hatten, möchte ich mich kurz fassen.

Bastian hatte 1873 einen Versuch veröffentlicht, der die Urzeugung sicher beweisen sollte. Rübenlösung, der er eine kleine Menge Käse zugefügt hatte, wurde 2—3 Minuten lang gekocht. Nach ein bis zwei Tagen wimmelte die Flüssigkeit von Bakterien. Huizinga wiederholte die Versuche Bastians mit dem gleichen Ergebnis. Zu seinen weiteren Versuchen nahm er ein Gemisch aus Pepton, Traubenzucker, Lecithin und Nährsalzlösung. Für diese Lösung gab er eine genaue Gebrauchsanweisung, da er glaubte, nur eine bestimmt zusammengesetzte Flüssigkeit sei imstande, Bakterien zu erzeugen. Huizinga erhitzte fünf bis zehn Minuten auf 100° C.

Gegen Bastian wandte sich zuerst sein Landsmann Sanderson, ohne allerdings einen eindeutigen Erfolg davonzutragen.

Er erhitzte in verschlossenen Glasröhren die Lösung bei verschieden langer Zeit bis auf 101° C und sah, daß mit der Dauer und Höhe der Temperatureinwirkung die Zahl der abgetöteten Bakterien in einem direkten Verhältnis stand.

Gegen Huizinga wandte sich als erster Paul Samuelson 1874. Er benützte als Versuchsflüssigkeit den von Bastian und Huizinga angegebenen Rüben-Käseaufguß oder Huizinga's Mischung. Hatte er nur wie Huizinga 10 Minuten lang gekocht, so fand er öfter Bakterien. Kochte er hingegen 3—4 Stunden, dann erhielt er niemals Bakterien. Er glaubte damit das Vorhandensein überlebender „praeexistierender" Keime bei Huizinga bewiesen zu haben und hielt den Nachweis einer Urzeugung für widerlegt.

Gscheidlen erhitzte die Kölbchen auf 105—110° C. Er wollte ebenfalls zeigen, daß die Einwirkung des Kochens bei nur 5—10 Minuten langer Dauer nicht zur Vernichtung der Bakterien ausreicht. Er fand ferner, daß mit dem Käse Bakterien eingeführt worden waren, die eine Temperatur von 100° C während 10 Minuten aushalten. Ebenfalls im Jahre 1874 wandte sich Putzeys gegen Huizinga. Folgendes waren seine Versuche und Ergebnisse.

Röhrchen mit Huizinga's Mischung wurden
1 Std. lang bei 60° C im Wasserbade gehalten. Es fanden sich Bakt.
1 Std. lang bei 65° C im Wasserbade gehalten. Es fanden sich Bakt.
1 Std. lang bei 70° C im Wasserbade gehalten. Es fanden sich Bakt.
1 Std. lang bei 80° C im Wasserbade gehalten. Es fanden sich Bakt.
1 Std. lang bei 100° C im Wasserbade gehalten. Es fanden sich keine Bakterien.

Die Ergebnisse der vorgenannten drei Autoren wurden dann im Jahre 1875 durch Cohn noch einmal unterstrichen. Cohn befaßte sich in den Beiträgen zur Biologie der Pflanzen noch einmal mit Bastian's Versuch und untersuchte, welche Bakterien im Käse es waren, die nicht abgetötet wurden.

Er hatte Bastian's Versuch nach dessen Angaben wiederholt und gleichfalls Bakterien erhalten. Daraufhin untersuchte er das Wesen der Käsebildung und fand, daß es die *im Käse eingeschlossenen „Dauersporen"* waren, die der Hitzeeinwirkung widerstanden hatten.

Mit Cohn, der wie schon die anderen Verfasser seit Schröder bewiesen hatte, daß eine Temperatur von 100° C bei kurzer Dauer nicht zur Vernichtung der Bakterien genügt, war der Streit um die Urzeugung zugunsten der Leugner der Generatio aequivoca zu Ende geführt. Der alte Satz, Omne vivum ex vivo, bestand damit auch für die Bakterien zu Recht.

Zusammenfassung.

1. 1837 Schwann. Mikroskopische Lebewesen verursachen Fäulnis und Gärung.

2. 1843 Helmholtz spricht klar den Satz aus, daß bei der Urzeugung kein Experiment bindende Kraft habe, wenn auch noch so gewissenhaft alles, was damit zu tun hätte, gereinigt worden wäre; es muß alles, Apparatur und benützte Stoffe, vorher zur Siedehitze erwärmt werden.

3. 1854 Schröder und v. Dusch: Luft durch Baumwolle gegangen, ist frei von unbekannten Beimischungen, die die Fäulnis und Gärung hervorrufen.

Luft durch *lange* Glasröhren geleitet, vermindert die unbekannten Beimischungen. Vorläufer des „Schwanenhalses" Hoffmanns und Pasteurs.

4. 1858 van den Broek: Keimfrei gewonnene Pflanzen- und Körperstoffe bleiben keimfrei, wenn sie nicht mit der Außenwelt in Berührung kommen. Kochen solcher Stoffe ist nicht nötig, um sie vor der Gärung und Fäulnis zu bewahren.

5. 1859 Schröder: „Sterilisiert" im Ölbad bei 160° C. Erste bewußte Trockensterilisation und mit Dampfdruck bei 3 Atmosphären. Erste Feststellung, daß durch Kochen Fäulnis und Gärung nicht regelmäßig zu vermeiden ist. Übertragung der Fäulnis auf unzersetzbar gemachte „Nährböden" wie Eiweiß, Eigelb, Harn u. a. von faulenden Stoffen mit dem Glasstab.

6. 1860 Hoffmann: Luft braucht nicht durch Baumwolle, kann frei — auf dem Umwege durch gebogenes Glasrohr — zutreten, ohne Fäulnis und Gärung zu machen.

Fäulnis und Gärung entsteht durch Vegetationskraft niederer Lebewesen und nicht umgekehrt.

7. 1863 Hoffmann: Pilzsporen (Flugbrand der Gerste) widerstehen trockener Hitze von 128° C, aber nicht feuchter Wärme von 62° C.

Erste Mitteilung über die Bedeutung der Keimvernichtung durch feuchte Wärme.

8. 1860—1862 Pasteur findet unabhängig von Hoffmann, gleichzeitig mit ihm, alles was unter 6.—7. aufgeführt ist.

Ferner: Exakter Nachweis, daß beim Durchgehen der Luft durch Baumwolle hier die „Körperchen" der Urzeugung hängen bleiben.

Herstellung des ersten *synthetischen Nährbodens*, Impfung mit Staub der Luft.

9. 1875 Cohn untersucht die von Schröder entdeckten widerstandsfähigen Keime im Käse und findet sporenbildende Bakterien.

ANHANG.

1. Schulze, F.: Vorläufige Mitteilung der Resultate einer experimentellen Beobachtung über Generatio aequivoca. Pogg. Ann. der Physik u. Chemie, Bd. 39. 1836 S. 487.

In ausgekochten und hermetisch verschlossenen Gefäßen hatte man schon damals, da die Frage über eine Generatio aequivoca die Aufmerksamkeit der Naturforscher zuerst in Anspruch nahm, eine Entwicklung lebender Organismen nicht beobachten können. Überhaupt hielt man den Zutritt von Luft für eine wesentliche Bedingung der primitiven Entstehung von Infusorien aus sich zersetzender organi-

scher Materie, sodaß das bloße Bedecken einer Infusion mit einer Schicht Öl jene Bedingung aufhob. — Es blieb daher die Frage: Ob Zutritt von atmosphärischer Luft, Licht und Wärme zu infundierten organischen Substanzen alle Bedingungen zur primitiven Entstehung tierischer oder auch nur pflanzlicher Organismen in sich fasse? noch unentschieden und es wurden in dieser Hinsicht neue direkte Versuche allgemein für wünschenswert gehalten. — Die hierbei zu überwindende Schwierigkeit lag darin, daß man erstens gleich beim Beginn des Versuchs gewiß sein mußte, keine Tiere oder entwicklungsfähigen Keimstoff in der Infusion zu haben, und zweitens, daß die hinzutretende Luft nichts davon enthalten durfte. Zu dem Ende konstruierte ich mir folgenden Apparat. Ich füllte einen gläsernen Kolben zur Hälfte mit destilliertem Wasser, dem ich verschiedene animalische und vegetabilische Stoffe beigemengt hatte, verschloß ihn hierauf mit einem guten Kork, der von zwei luftdicht in ihn eingepaßten knieförmig gebogenen Glasröhren durchbohrt war. Hierauf brachte ich ihn in ein Sandbad, und erhitzte ihn solange, bis das Wasser heftig kochte, und so alle Teile einer Temperatur von 100° ausgesetzt waren. Noch während die heißen Wasserdämpfe zu den beiden Glasröhren heraustraten, befestigte ich an einer den einen Apparat, dessen sich Chemiker bei organischen Analysen bedienen, um die Kohlensäure zu absorbieren. Der zur Linken war mit konzentrierter Schwefelsäure, der andere mit einer Auflösung Kalihydrat gefüllt. — Durch die Siedehitze war alles in dem Kolben und den beiden Glasröhren etwaige vorhandene Lebendige oder dessen Keime zerstört, und durch die Schwefelsäure auf der einen, die Kalilösung auf der anderen Seite aller Zutritt desselben von außen abgeschnitten. Diesen ganzen, leicht transportierbaren Apparat setzte ich nun vor mein Fenster, wo er der Einwirkung des Lichts und, da ich die Versuche während der Sommermonate anstellte, auch der Wärme ausgesetzt war. Gleichzeitig stellte ich daneben ein offenes Gefäß mit denselben Substanzen, wie die im Kolben befindlichen, und zwar auch nachdem ich sie vorher der Siedehitze ausgesetzt. — Um nun fortwährend die Luft innerhalb des Kolbens zu erneuern, sog ich mehrmals des Tages mit dem Munde an dem offenen Ende des mit der Kalilösung gefüllten Apparates, wo dann jedesmal die Luft aus dem Kolben heraus durch die kaustische Flüssigkeit hindurch in meinen Mund, und von außen atmosphärische Luft durch die Schwefelsäure hindurch in den Kolben trat. Die Luft wurde natürlich durch das Hindurchtreten durch die Schwefelsäure in ihrer Zusammensetzung nicht verändert, es mußten aber, wenn man sie nur langsam genug

hindurchtreten ließ, alle in ihr befindlichen lebendigen oder lebensfähigen Teilchen von der Schwefelsäure aufgenommen und sofort zerstört werden. — Vom 28. Mai bis Anfang August setzte ich diese Erneuerung der Luft im Kolben ununterbrochen fort, ohne daß ich mittels des Mikroskopes, mit dem ich während dieser Zeit fast täglich den Rand der Flüssigkeit betrachtete, etwas lebendiges Tierische oder Pflanzliche hätte wahrnehmen können. Und da ich zuletzt den Apparat auseinandernahm, war in der ganzen Flüssigkeit auch nicht eine Spur weder von Infusorien, noch von Conferven oder Schimmel aufzufinden. Dagegen zeigte sich alles Dreies schon in einigen Tagen, nachdem ich den Kolben hatte offen stehen lassen, im reichlichsten Maße. — Das Gefäß, welches ich gleichzeitig mit der Zusammenstellung obigen Apparates offen danebengestellt hatte, enthielt schon am folgenden Tage Vibrionen und Monaden, denen sich gar bald größere polygastrische Infusorien und selbst später Rädertierchen zugesellten.

2. Schwann, Th.: Über Fäulnis und Weingärung in Beziehung auf Generatio aequivoca. Berlin. Mitt. d. Ges. Naturf. II 1837, S. 9.
Vorläufige Mitteilung, betreffend Versuche über die Weingärung und Fäulnis. Pogg. Ann. der Phys. und Chem., Bd. 41, 1837, S. 184.

Bei der letzten Versammlung der Naturforscher in Jena habe ich Versuche über Generatio aequivoca mitgeteilt, aus denen hervorgeht, daß, wenn eine verschlossene Glaskugel, die mit atmosphärischer Luft gefüllt ist, und außerdem ein wenig einer Infusion von Muskelfleisch enthält, der Siedehitze des Wassers ausgesetzt wird, so daß Flüssigkeit und Luft der Glaskugel bis 80° R erwärmt werden, nachher in der Flüssigkeit innerhalb mehrerer Monate keine Infusorienbildung und keine Fäulnis stattfindet, und zwar selbst dann nicht, wenn die Quantität der in der Glaskugel enthaltenen tierischen Substanz so gering ist, daß an eine vollständige Verschluckung des Sauerstoffs aus der Luft der Glaskugel nicht zu denken ist. Es war indessen doch wünschenswert, den Versuch in der Art zu modifizieren, daß eine Erneuerung der Luft möglich würde, doch so, daß die neu hinzugeführte Luft, wie in den vorigen Versuchen, vorher einer höheren Temperatur ausgesetzt würde. Dies habe ich nun auf folgende Weise bewirkt.

Ein Fläschchen, welches einige Stückchen Muskelfleisch enthielt und bis zu einem Drittel mit Wasser gefüllt war, wurde mit einem

Stöpsel geschlossen, der von zwei dünnen Glasröhren durchbohrt war. Diese Glasröhren wurden in einer Strecke von ungefähr drei Zoll durch eine leichtflüssige Metallmischung geleitet, welche anhaltend in einer dem Siedepunkt des Quecksilbers naheliegenden Temperatur erhalten wurde. Die eine dieser Glasröhren wurde mit ihrem aus dem Metall hervorragenden Ende mit einem Gasometer in Verbindung gesetzt. Nun wurde die Flüssigkeit in dem Fläschchen stark gekocht, sodaß alle Luft, die in dem Fläschchen und in den Glasröhren enthalten war, teils ausgetrieben, teils bis zum Siedepunkt des Wassers erwärmt wurde. Nach dem Erkalten wurde mehrere Wochen lang ein anhaltender Strom atmosphärischer Luft aus dem Gasometer durch das erste Glasröhrchen in das Fläschchen, und, nachdem so hierin die Luft erneuert worden war, durch das zweite Glasröhrchen wieder fortgeleitet. Die hinzugeleitete Luft aber wurde, indem sie durch die in dem erhitzten Metallbad liegende Glasröhre strich, vorher stark erwärmt. Auch in diesen Versuchen, deren mehrere angestellt wurden, zeigten sich nach mehreren Wochen keine Infusorien oder Schimmelbildung und keine Fäulnis, sondern das Fleisch blieb unverändert, und die Flüssigkeit so klar, wie sie nach dem Kochen war.

Ob sich aus diesen Versuchen, zu deren Vervollständigung noch viele andere Versuche angestellt wurden, ein Schluß über Generatio aequivoca ziehen lasse oder nicht, werde ich an einem anderen Orte auseinandersetzen, und bemerke hier nur, daß diese Versuche, wenn man sie vom Stand der Gegner der Generatio aequivoca betrachtet, sich so erklären lassen, daß die Keime des Schimmels und der Infusorien, die nach dieser Ansicht in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, beim Ausglühen der Luft zerstört werden. Alsdann muß die Fäulnis so erklärt werden, daß diese Keime, indem sie sich entwickeln und auf Kosten der organischen Substanz ernähren, eine solche Zersetzung in dieser hervorbringen, wodurch die Phänomene der Fäulnis entstehen.

3. Ure: Versuche über die Gärung. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 19; 1840, S. 183.

Ein Kolben, welcher Stücke von Fleisch enthielt und bis zum dritten Teile seines Rauminhaltes mit Wasser angefüllt war, wurde mit einem Pfropfen verschlossen, durch den zwei gehörig lutierte Glasröhren liefen. Die beiden Röhren wurden in ein Metallbad gebracht, welches bei der Temperatur des siedenden Quecksilbers flüssig erhalten wurde. Das Ende einer von beiden ging von dem Bade in ein

Gasometer. Der Kolben wurde zum Sieden gebracht, um alle darin, sowie in den Röhren enthaltene Luft zu vertreiben. Der Verfasser ließ den Apparat wieder erkalten und die atmosphärische Luft eindringen, welche in den Röhren und dem Kolben durch das Gasometer zirkulierte, aber in dem Metallbade hinreichend erhitzt wurde, um jedes darin enthaltene lebendige Teilchen zu zerstören. Es erzeugten sich in der Flasche weder Infusorien noch Schimmel, keine Gärung erfolgte, das Fleisch erlitt keine Veränderung und die Flüssigkeit blieb so klar, als sie zur Zeit des Siedens gewesen war. Dieser Versuch gab bei mehrmaliger Wiederholung dieselben Resultate.

Da es schwer war, das geschmolzene Metall lange bei der angemessenen Temperatur zu erhalten, so modifizierte der Verfasser dergestalt seinen Apparat, daß es keines Metallbades bedurfte und gebrauchte dafür einen mit zwei Spiralröhren versehenen Kolben, welche durch eine Weingeistlampe stark erhitzt wurden und deren Ende mit dem Lötrohre verschlossen wurde, wenn der das Fleisch enthaltende Kolben mit Luft angefüllt war, die fast zum Rotglühen erhitzt gewesen war. Die Luft wurde vermittelst gewisser Vorkehrungen erneuert, während die Röhren von neuem an der Spirituslampe erhitzt wurden. Der Verfasser konnte auf diese Weise Fleischdekokte 6 Wochen lang bei einer Temperatur von 63° bis 77° F erhalten, ohne daß sich die geringste Fäulnis, Infusorien oder Schimmel zeigten.

4. Helmholtz: Über das Wesen der Fäulnis und Gärung. Arch. f. Anatomie, Physiologie und wissenschaftl. Medizin; Jhg. 1843, S. 453.

Ein Glaskolben, der verschiedene organische Substanzen, Teile von Tieren, Fleischstücke, klare Leimlösung oder Traubensaft enthielt, wurde durch einen ganz mit Siegellack überzogenen Kork verschlossen, durch welchen zwei dünne, rechtwinklig gebogene, dicht nebeneinander verlaufende Glasröhren führten, deren eine in eine enge Spitze ausgezogen, die andere aber horizontal in einem rechten Winkel abgebogen war, um als Saugrohr zu dienen. Nachdem die Flüssigkeit des Kolbens soweit zum Kochen gebracht war, daß aus beiden Röhren die Dämpfe stark ausströmten, wurde die eine durch etwas Siegellack geschlossen und die andere während des Erkaltens des Kolbens durch eine Spiritusflamme an einer Stelle bis zum Glühen erhitzt, und nach vollständiger Erkaltung wurde mit der Flamme bis zum Ende des Rohres allmählich hinabgegangen, und das letztere gleichfalls mit Siegellack verschlossen. Die dabei eingeströmte Luft

war meist bald nach der vollendeten Abkühlung vollständig ihres Sauerstoffs beraubt. Um nun neuen Sauerstoff hinzuzubringen, erhitzte ich die beiden nebeneinander laufenden Röhren an einer Stelle, öffnete dann beide Enden, und sog leise durch das zweite gebogene Rohr die Luft aus dem Kolben aus, wobei von außen neue durch die enge Öffnung des ersten langsam einströmte, und die erhitzte Stelle desselben passierte. Auf diese Art konnten beliebige Quantitäten Luft in beliebigen Zwischenzeiten hineingeschafft werden. Die einzige Veränderung, die an den organischen Materien sichtbar wurde, war eine geringe Vermehrung des Niederschlags; übrigens waren dieselben selbst in den heißesten Zeiten des Sommers nach 8 Wochen an Geruch, Geschmack, Ansehen und in ihrem Verhalten gegen Reagentien unverändert, ließ man aber auch nur eine geringe Menge ungeglühter Luft ein, oder war der Verschluß des Kolbens nicht ganz fest, so entstand meist schon nach zwei bis vier Tagen Fäulnis in ihren gewöhnlichen Erscheinungen mit Infusorienbildung.

5. Leuckart, R.: Zeugung. Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 4, 1853, S. 991.

Eine Reihe von gewöhnlichen Arzneiflaschen wurden fast bis zur Hälfte mit Infusionen von Fleisch, Mehl, Heu, Fruchtsäften usw. angefüllt und der Siedhitze ausgesetzt, sodann bei eintretender Abkühlung schnell mit einem ebenso behandelten Korke fest verschlossen und mit Siegellack überzogen. Um den etwaigen Luftaustausch durch Siegellack und Kork zu erschweren, wurden endlich die Flaschen umgedreht und damit ihrem Schicksale überlassen. In allen diesen Fällen fand niemals eine Infusorienbildung statt, während ein nebenstehendes Näpfchen mit denselben Substanzen (gleichfalls gekocht) schon nach wenigen Tagen sich mit Pilzefflorescenzen, mit Vibrionen, Paramäcien usw. anfüllte. Man wird nun freilich die Beweiskraft dieser Versuche in Zweifel ziehen und behaupten, daß der gehemmte Luftzutritt die Möglichkeit einer Urzeugung hier verhindert habe. Um die Gültigkeit dieses Einwurfs zu prüfen, bedurfte es einer neuen Versuchsreihe. Frisches Fleisch, frische Fruchtsäfte (von Johannisbeeren), stark gedörrtes Mehl und Heu wurden mit reinem Quellwasser — dessen Infusorienmangel, soweit es anging, durch das Mikroskop konstatiert war — in ebensolche vorher stark erwärmte Flaschen eingeschlossen, verkorkt und mit Siegellack überzogen. Das Resultat war ein verschiedenes. Manche Gläser blieben ohne Organismen, aber in anderen fanden sich schon nach einiger Zeit Gärungspilze, Fadenpilze, Vibrionen und monadenartige Geschöpfe, deren

Keime jedenfalls (da Gefäß, Wasser und organische Substanz ohne lebendige Beimischungen waren) in dem Luftraume der Gläser vorhanden gewesen sein müssen. Eine Erneuerung der Luft ist also, wie wir uns überzeugen, für die Bildung von Organismen nicht absolut notwendig. Daß dieselbe dadurch aber in einem hohen Grade gefördert wird, kann uns nicht überraschen, da ein jeder neue Volumteil Luft die Möglichkeit einer Keimzufuhr erhöht. Mit Absicht waren zu unserer zweiten Versuchsreihe einige Gläser mit einem Sprung gewählt worden, durch welche bei jedem Temperaturwechsel ein Luftstrom aus- und einstreichen mußte. Diese letzteren waren es vor allen anderen, die sich bald mit zahlreichen Organismen erfüllten.

6. van den Broek: Untersuchungen über die geistige Gärung des Traubensaftes und über die Fäulnis tierischer Substanzen in frischem Zustande; Versuche über das in der Atmosphäre enthaltene Agens, welches diese beiden Zersetzungen einleitet. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 55, 1860, S. 75.

1. Frischer Traubensaft, welcher mit der Atmosphäre nie in Berührung gewesen war und von welchem diese in absoluter Weise entfernt gehalten wird, erleidet bei 26—28° C während Monaten und selbst Jahren keine Veränderung.

2. Das Eiweiß und das Eigelb, das arterielle Blut, die Galle und der Urin vom Hund oder Ochsen, alle im frischen Zustande angewendet, erleiden keine Veränderung nach dem Tode, im feuchten Zustande und bei 25 bis 30°, wenn sie niemals mit der Atmosphäre in Berührung gebracht wurden und diese in absoluter Weise von ihnen abgeschlossen wird.

7. Schröder, H. und v. Dusch, Th.: Über Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulnis und Gärung.
Annal. d. Chem. und Pharm., 1854, Bd. 89, S. 232. Praktische Chemie, 1854, Bd. 61, S. 485. Journ. de Pharm., 1854, Bd. 25, S. 314.

In Bezug auf die bekannte Tatsache, daß aufgekochte Infusionen organischer Substanzen, wenn sie nachher nur mit ausgeglühter Luft in Berührung kommen, weder Gärung noch Fäulnis erleiden, haben die Verfasser neue Versuche mit filtrierter Luft angestellt, da solche Luft ein sehr merkwürdiges und abweichendes Verhalten gegen übersättigte Lösung von schwefelsaurem Natron zeigt.

Als Filtrationsmittel wurde Baumwolle gewählt, die vorher einige Zeit im Wasserbade erwärmt worden war. Der Apparat war folgender: der Glaskolben, welcher die zu prüfende Flüssigkeit enthielt, war mit einem in Wachs getränkten, doppelt durchbohrten Kork verschlossen, in welchem zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren sich befanden. Die eine von diesen, die Zuleitungsröhre, war mit einem 1 Zoll weiten und 20 Zoll langen mit der Baumwolle gefüllten Glasrohr verbunden, welches am entgegengesetzten Ende in eine offene Glasröhre ausmündete. Die andere Glasröhre, die Saugröhre, reichte im Kolben fast bis auf die Oberfläche der Flüssigkeit und stand außen mit einem Aspirator in Verbindung. Der Apparat schloß völlig luftdicht.

Nachdem der Hahn des Aspirators geschlossen, wurde die Flüssigkeit solange im Kochen erhalten, bis alle Verbindungsröhren bis an die Baumwolle hin heiß geworden und dann das Wasser aus dem Aspirator tropfenweis fließen gelassen, täglich 2 Cub.-F. Am 9. Februar 1853 wurde Fleisch abgekocht und bis zum 6. März in der angegebenen Weise Luft durch den Apparat gesogen. Beim Öffnen zeigte sich der reine Geruch ungewürzter, warmer Fleischbrühe, während ein gleichzeitig mit Fleischabkochung angesetzter offener Kolben schon in der zweiten Woche in volle Fäulnis übergegangen war.

Am 20. April wurde ein ähnlicher Versuch wiederholt, jedoch nur 1 Cub.-F. Luft täglich durchgesogen. Daneben wurde gestellt

1. ein offener Kolben mit frisch abgekochtem Fleisch,
2. ein ähnlicher Kolben mit gleichem Inhalt und mit einem wachsgetränkten Korke verschlossen, durch welchen eine 1 Fuß lange Glasröhre von 1 Linie Durchmesser ging, um den Zutritt der Luft zu verzögern,
3. ein Kolben mit Fleischflüssigkeit, der noch heiß mit einem losen Baumwollpfropf versehen, über den ein größerer Baumwollwulst gestülpt und an dem Kolbenhals mit Seidenschnur befestigt war.

Das Fleisch im Kolben I ging in der zweiten Woche in Fäulnis über, die Flüssigkeit in 2 enthielt nach 9 Tagen kräftige Schimmelbildungen und roch nach 19 Tagen geöffnet nicht faulig, sondern mulstrig. Die beiden Kolben 3 und der mit dem Aspirator verbundene waren am 19. Mai frei von Schimmel und von Fäulnis, das Fleisch sah nur an einzelnen Stellen etwas weißlich aus.

Am 14. Mai wurde frischgekochte, süße Malzwürze mit etwas Hopfen versetzt, die nur schwach sauer reagierte, in der zuerst an-

geführten Weise mit Luft behandelt, indem in den letzten 8 Tagen täglich ein Cub.-F. Luft in schnellem Strom durchgesogen wurde. Am 6. Juni war die Würze klar, süß und unverändert wie im Beginn, während in einem gleichzeitig angestellten offenen Kolben mit gleicher Würze schon nach 8 Tagen Schimmelbildung eintrat.

Eine Probe neuer frischer Würze wurde in dem Apparat mit Luft behandelt, die nicht vorher durch Baumwolle strich und daneben ein offener Kolben mit derselben Würze gestellt. In letzterem trat in der ersten Woche, in ersterem nach 12 Tagen Schimmelbildung und Trübung ein.

Frisch abgekochte Milch gab sowohl im Aparat als im offenen Kolben ein gleich negatives Resultat. Sie koagulierte gleichschnell in beiden und der Käsestoff ging in faulige Gärung über. Nur die Schimmelbildung an der Oberfläche der Milch blieb in dem Kolben, welcher filtrierte Luft bekam, aus. Die Versuche waren im Juni und Juli angestellt.

Als Fleisch ohne Wasser bis zur Temperatur des siedenden Wassers in einem Wasserbade erhitzt und nachher mit filtrierter Luft behandelt wurde, ging es ebenso schnell in Fäulnis über wie Fleisch im offenen Kolben oder in einem Kolben wie oben unter 3 vorgerichtet.

Am 18. Juli wurde wieder Fleisch mit Wasser in dem Filtrierapparat behandelt. Am 23. Juli war die Flüssigkeit mit einer Fetthaut bedeckt, in der dritten Woche wurde sie rötlich und am 15. August beim Öffnen des Kolbens zeigte sich Geruch nach stinkendem Fett, beim Erwärmen zugleich Geruch nach frischer Fleischbrühe.

Wahrscheinlich war in diesem Versuch nicht lange genug gekocht und noch nicht alles Eiweiß koaguliert.

Aus ihren Versuchen schließen die Verfasser, daß es wohl wenigstens zweierlei freiwillige Zersetzungen organischer Substanzen gebe, die nicht auf dieselbe Ursache zurückzuführen seien. Die Gärung, die Säuerung des Milchzuckers, die Fäulnis des Fleisches ohne Wasser, die Faulung des Käsestoffs scheinen nur des Sauerstoffs der Luft zu bedürfen, während Fäulnis von Fleisch unter Wasser, Gärung der Malzwürze auch jene unbekannten Beimischungen der Luft bedürfen.

Die Verf. beabsichtigen ferner zu untersuchen, ob Kohle, Schwefelblei, Bimstein, Glaspulver, Gips und andere Substanzen sich ähnlich wie Baumwolle verhalten, oder ob sie vielleicht die eine Art Gärung aufhalten, während sie die andere Art nicht zu hindern vermögen.

8. Schröder, H.: Über Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulnis, Gärung und Kristallisation.
Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 109, 1859, S. 35; Bd. 117, 1861, S. 273.

Ich versuchte nun Eigelb auf eine höhere Temperatur als Siedehitze zu erhitzen. Eigelb wurde mit Wasser in ein Glasrohr eingeschmolzen und im Ölbad längere Zeit bis 160° C erhitzt. Nach der Abkühlung wurde das Glasrohr geöffnet, das Eigelb in einen Kolben geleert, wieder aufgekocht und heiß mit Baumwolle lose verpfropft. Es blieb vom 27. Juli bis 30. Sept. sich selbst überlassen und zeigte sich beim Öffnen am 20. Sept. völlig frisch und unverändert.

Vorstehende Versuche lassen sich dahin zusammenfassen, daß fast alle organischen Körper als Blut und Blutfaserstoff, Eiweiß, Casein, Zieger, Molken, Milchzucker, Harn usw. bis zum Kochen in einem Kolben erhitzt und heiß mit Baumwolle lose verpfropft, Monate und Jahre lang völlig unverändert bleiben, obgleich die Luft, nachdem sie durch die Baumwolle filtriert ist, ungehinderten Zutritt hat. Nur Fleisch und Fleischbrühe, Eigelb und Milch erhalten sich in der Mehrzahl der Fälle nicht. Den Versuch einer theoretischen Erklärung dieser Tatsachen wage ich nicht. Es liegt nahe anzunehmen, daß die frische Luft eine aktive Substanz enthalte, welche die Erscheinungen der Gärung und Fäulnis einleitet, welche durch Hitze zerstört und durch Filtration der Luft über Baumwolle aus derselben zurückgehalten wird.

Eigelb mit Wasser im Papin'schen Digestor bei 3 Atmosphären Dampfdruck eine halbe Stunde gekocht, dann an offener Luft noch einmal aufgekocht und mit Baumwolle geschützt, blieb vom 7. Okt. 1858 bis 13. Januar 1859 völlig unverändert.

Entstehen die unter Baumwolle in Eigelb, Milch und Fleisch mit Fleischbrühe sich bildenden Fibrionen durch Generatio spontanea, oder entstehen sie aus Keimen? Die bisher vorliegenden Tatsachen widersprechen nicht der Annahme, daß in Milch, Eigelb und Fleisch die Keime des Fäulnisfermentes, welches unter geeigneten Umständen die Form jener langen Fibrionen anzunehmen scheint, schon vor dem Kochen derselben enthalten seien. Man hat zwar bis dahin für unzweifelhaft gehalten, daß jeder lebendige vegetabilische oder animalische Organismus durch Kochhitze in Berührung mit Wasser vollständig getötet werde. Will man nicht zur Generatio spontanea seine Zuflucht nehmen, so muß man jedoch anerkennen, daß die Keime des Fäulnisfermentes unter den Umständen, wie sie beim Abkochen von Milch, Eigelb und Fleisch gegeben sind, eine Aus-

nahme machen, und daß nicht zu lange anhaltende Kochhitze in Wasser dieselben noch nicht sicher tötet.

1. Jede vegetabilische oder animalische Bildung kann nur von lebendigen, vegetabilischen oder animalischen Organisationen ihren Ursprung nehmen. Omne vivum ex vivo.

2. Eine Reihe von spezifischen Gärungs- und Fäulniserscheinungen hat ihren Ursprung nur in von der Luft zugeführten mikroskopischen Keimen. Dahin gehören namentlich mit Bestimmtheit die Schimmelbildung, die Bildung der Weinhefe, des Milchsäureferments, des Ferments der Zersetzung des Harns.

3. Gekochte, vegetabilische oder animalische Substanzen, heiß mit Baumwolle verschlossen, bleiben unter derselben gegen jede Art von Gärung, Fäulnis oder Schimmelbildung vollkommen geschützt, wenn alle entwicklungsfähigen Keime in denselben durch das Kochen getötet sind; denn die Keime, welche von der Luft zugeführt werden könnten, werden durch die Baumwolle aus derselben abfiltriert.

4. Die Keime der meisten vegetabilischen oder animalischen Substanzen werden durch bloßes Aufkochen schon vollständig getötet. Zur Tötung aller von der Luft zugeführten Keime reicht kurzes Aufkochen bei 100° ebenfalls hin.

5. Milch, Eigelb und Fleisch enthalten jedoch Keime, welche durch kurzes Aufkochen bei 100° in der Regel nicht vollständig getötet sind. Kochen bei höherer Temperatur, bei 2 Atm. Druck im Digestor, oder sehr lange fortgesetztes Kochen bei 100° reicht immer hin, auch diese Keime vollständig zu zerstören.

9. Hoffmann, H.: Mykologische Studien über die Gärung. Bot. Zeitung 1860, S. 41: Neue Betrachtung über Bakterien mit Rücksicht auf Generatio spontanea. Bot. Zeit. 1863, S. 304, S. 315.

Versenkt man frische Stachelbeeren während ¾ Std. in kaltem Wasser, indem man sie von Zeit zu Zeit schüttelt, so kann man nach Abgießen dieses Wassers dasselbe als ein wenn auch schwaches Ferment wie Hefe benutzen und aus Zuckerlösung Kohlensäure entwickeln. Es ist also etwas Hefeartiges von der Oberfläche der unzersetzten Fruchtschalen an das Wasser übergegangen.

Dies führt zu dem entscheidenden Versuch. Schabt man mit einem stumpfen Messerchen die Oberfläche einer Beere und bringt dies Schabsel unter das Mikroskop, so erkennt man dieselben Pilzsporen wieder, welche wir im ausgepreßten Safte wahrnehmen. Der Aus-

druck Hefe ist demnach ein Kollektivbegriff, nicht aber der Name einer Pflanzenspecies.

Es drängt sich uns hier die schon früher ventilierte Frage auf, ob und wieweit überhaupt die Pilze und Infusorien bei der Zersetzung und Fäulnis organischer Körper beteiligt sind.

Wenn gewissen Pilzen und Infusorien ausschließlich die Eigenschaft zukommt, zuckerhaltige Flüssigkeiten unter Gasentwicklung zu zersetzen, oder andere organische Flüssigkeiten unter Sauerstoffaufnahme in Verwesung oder Fäulnis überzuführen, — ein Effekt, welcher — wenigstens bezüglich der Gärung — von anderen lebenden oder toten Körpern noch nicht nachgewiesen ist, so muß es durch Abhaltung solcher Pilze gelingen, derartige Flüssigkeiten unzersetzt zu erhalten. Schröder hat in dieser Beziehung gleichfalls eine Reihe merkwürdiger Versuche bekanntgemacht, woraus hervorgeht, daß der Staub der Luft hier in fast allen Fällen die Ursache ist, wodurch keimfreie, gekochte, organische Flüssigkeiten, Fleischbrühe, Dekokte, Harn und dergl. sich zersetzen. Seine Vermutung, daß hierbei Pilzsporen entscheidend beteiligt seien, gab er halbwegs wieder auf, da er bemerkte, daß Pilzsporen nach dem Erhitzen (bis zu welchem Grade? naß oder trocken?) die Zersetzung nicht einleiten. Ich werde im folgenden zeigen, daß dies keineswegs der Fall ist, daß man Zersetzung auch dann mit Schimmelsporen einleiten kann, wenn man dieselben inmitten der Flüssigkeit eine volle Stunde lang auf 100° erhitzt, vorausgesetzt, daß man sie dabei nicht tötet.

Gerade wie Schröder bediente ich mich mit organischer Flüssigkeit teilweise gefüllter Reagenzröhren, welche mit Baumwolllenwatte fest verpfropft und dann eine Stunde hindurch anhaltend gekocht wurden. Die Flüssigkeit zersetzte sich nicht im Laufe von 3—8 Monaten trotz der exzessiven Wärme des Sommers 1859. So Fleischbrühe, gekochte Erbsen, schwache Rohrzuckerlösung mit Leim, Traubenzuckerlösung mit Leim oder Weizenkörnern, gekochte Äpfel etc.

Obiger Versuch zeigt von neuem, daß die Generatio spontanea ins Reich der Träume gehört. Selbst der freie Luftzutritt bewirkt, wie der sogleich zu beschreibende Versuch zeigt, keine Bildung von Infusorien oder Pilzen und Bakterien, wenn nur Vorkehrung getroffen ist, daß Keime dieser Lebensformen nicht eindringen können.

Man nehme ein zur Hälfte mit organischer Flüssigkeit gefülltes Glaskölbchen, dessen Öffnung mit einem genau schließenden Kork verschlossen ist. Dieser ist durchbohrt und durch ihn wird eine Glasröhre geschoben, deren äußeres, freies Ende hakenförmig 1—2 Zoll weit herabgebogen ist. Man kocht eine Stunde lang, verschließt

zuletzt das äußere Ende der Glasröhre mit Watte und entfernt diese erst wieder nach erfolgter Abkühlung. Die organische Substanz steht nun in direkter, freier Verbindung mit dem Sauerstoff der äußeren Luft, und trotzdem bleibt sie 6 Monate lang und länger trotz der wärmsten Lufttemperatur vollkommen frisch, unverändert, ohne Infusorien und Schimmelbildung; offenbar nur, weil die Sporen aus der Luft nun nicht hineinfallen können. So verhalten sich Fleischbrühe, Bierwürze, Milch, Apfelstückchen etc.

Um die Widerstandsfähigkeit der Bakterien gegen die Hitze zu prüfen, habe ich dieselben eine verschiedene Zeit hindurch über der Spirituslampe gekocht und späterhin die Flüssigkeit mikroskopisch untersucht. Folgendes sind nun die gewöhnlich zu machenden Erfahrungen.

Hat man die Flüssigkeit ½, 1 oder 2 Minuten lang gekocht und untersucht nach einigen Tagen, so findet man alsdann in der Regel wieder mehr oder weniger zahlreiche lebende Bakterien. Hat man 8, 10 Minuten, ja eine halbe Stunde gekocht, so findet man zwar, doch nur selten, deren ebenfalls wieder. Hat man aber drei, zwei, selbst nur eine Stunde gekocht, so findet man niemals wieder lebende Bakterien. Es ergibt sich hieraus, daß die Ammoniakbakterien mitunter selbst ein halbstündiges Kochen ertragen können; daß längeres Kochen aber sie positiv tötet.

Es kann nicht auffallend erscheinen, daß längeres Kochen die Wirkung des siedenden Wassers wesentlich erhöht. Es bedarf zu jeder chemischen Wirkung einer gewissen Zeit, wie wir an der Wirkung eines längeren oder kürzeren Kochens auf unsere Speisen, insbesondere das Fleisch, täglich sehen. Meine früheren Versuche ergeben geradezu, daß bezüglich der Zerstörung der Vitalität von Pilzsporen durch feuchte Wärme Zeit und Temperatur in einem umgekehrten Verhältnis stehen, wovon hier nur folgendes stehen möge: Die Sporen von Uredo destruens haben ihren Tötungspunkt in feuchtem Zustande bei 70—73° C für zweistündige Erwärmung.

10. Pasteur, L.: Comptes rendus, Vol. 50, S. 306, S. 849. 1860. Die in der Atmosphäre vorhandenen organisierten Körperchen; Prüfung der Lehre von der Urzeugung.

So gelangt man dahin zu erkennen, daß ein kleiner Baumwollenpfropfen, welcher 24 Stunden lang dem Luftstrom ausgesetzt war, der einige Meter vom Boden entnommen wurde, bei einer Saugung von ungefähr 1 Ltr. Luft in der Minute, mehrere tausend organisierte Körperchen aufsammelt.

Im Angesichte solcher Ergebnisse betrachte ich es als mathematisch streng bewiesen, daß alle organisierten Gebilde, welche bei gewöhnlicher Luft in zucker- und eiweißhaltigem Wasser entstehen, nachdem es vorher gekocht worden war, ihren Ursprung von den in der Luft suspendierten festen Teilchen ableiten.

Demnach ist die Fäulnis der bei 100° gekochten und der geglühten Luft ausgesetzten Milch nur ein Zufall, welcher dadurch hervorgerufen wurde, daß die Kochtemperatur nicht hoch genug gewesen war.

Ich bringe in einen Glasballon eine der folgenden Flüssigkeiten, welche bei Berührung mit gewöhnlicher Luft alle sehr veränderlich sind: Wasser der Bierhefe, zuckerhaltiges Wasser der Bierhefe, Urin, Rübensaft und Pfefferwasser; dann ziehe ich vor der Lampe den Hals des Ballons aus, um ihm verschiedene Krümmungen zu geben. Darauf koche ich ihn ohne weitere Vorsichtsmaßregeln während einiger Minuten, bis der Wasserdampf aus dem Ende des ausgezogenen und offen gebliebenen Halses reichlich ausströmt. Dann lasse ich den Ballon erkalten. Sonderbarerweise bleibt die Flüssigkeit dieses Ballons unendlich lange unverändert. Es scheint, daß die gewöhnliche Luft, indem sie in den ersten Augenblicken mit Gewalt eindringt, ganz roh in dem Ballon eintreffen müßte. Das ist wahr, aber sie trifft zusammen mit einer nahe der Kochtemperatur befindlichen Flüssigkeit. Der Eintritt der Luft vollzieht sich darauf mit größerer Langsamkeit, und wenn die Flüsigkeit kalt genug geworden ist, um den Keimen ihre Lebensfähigkeit nicht mehr nehmen zu können, ist das Eindringen der Luft verlangsamt genug, sodaß sie in den feuchten Krümmungen des Halses allen Staub zurückläßt, der auf den Aufguß wirken und in ihm organisierte Bildungen bedingen könnte.

11. Rindfleisch: Untersuchungen über niedere Organismen. Arch. f. path. Anat. und Phys., Bd. 54, S. 396.

12. Bastian, Ch.: Proc. of the Royal Society of London, Bd. XXI, S. 129. 1873.

13. Huizinga, D.: Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1873, S. 225. Pflügers Archiv, Bd. VIII, S. 549 und Pflügers Archiv, Bd. VII, S. 180.

14. Sanderson, B.: Nature VIII, 1873, S. 141, 181, 478.

15. Samuelson, P.: Über Abiogenesis. Pflügers Archiv, Bd. 8, 1874, S. 277.

Es fragt sich, ob diese Mischungen von vornherein den an sie zu stellenden Anforderungen genügen. Ein Zweifel gegen die Voraussetzung ihrer vollkommenen Vergleichbarkeit könnte seine Begründung zunächst in der Differenz der chemischen Zusammensetzung suchen. Es ist bei der mehr weniger unvollkommenen Bekanntschaft mit den einzelnen Bestandteilen der Versuchsflüssigkeit denkbar, daß, obwohl überall die Reaktion beim Kochen neutral bleibt, doch gerade das Kochen der Kontrollflüssigkeit eine der Existenz organisierter Materie besonders schädliche Zersetzung zur Folge hat; es ist denkbar, daß die verglichenen Flüssigkeiten nach dem Kochen für die Entwicklung von etwa überlebenden Bakterien nicht mehr im gleichen Grade tauglich sind. Indes zugegeben, daß diese Annahme zu wenig begründet ist, bleibt zu erwägen, ob nicht eine Differenz in der physikalischen Beschaffenheit die Ursache ist, daß gerade in den Lösungen des Hauptversuches ein 10 Minuten lang fortgesetztes Kochen zur völligen Vernichtung aller organisierten Materie nicht hinreichend ist. Demgemäß schien es bei Wiederholung der Versuche Huizinga's zulässig, dessen Methode der Beweisführung zu verlassen, Kontrollversuche anderer Art anzustellen. Es ist eine Erhitzung des Versuchsobjektes auf 100° C gestattet; etwaige Keime könnten sich an den Wandungen des Gefäßes, in der in dem Gefäß befindlichen Flüssigkeit und Luft befinden. Man darf die völlige Vernichtung der anwesenden organisierten Materie nur dann als erwiesen annehmen, wenn jeder kleinste Teil des Gefäßes, der Flüssigkeit, der Luft die Einwirkung der Siedehitze erfahren hat. In der Luft herumfliegende Keime sind, wenn getrocknet, für eine gewisse Zeit gegen die Siedehitze gefeit, bis die Quellung den zur Zersetzung hinreichenden Grad erreicht hat.

Somit war es erlaubt, als Kontrollversuch ein einfaches und naheliegendes Experiment anzustellen: die längere Dauer der auf alle Teile des die Infusion enthaltenden Apparates einwirkenden Siedehitze sollte beweisen, daß ihre begrenzte Dauer nicht genügt, um anwesende Organismen zu zerstören. Dies wurde erreicht, indem das absolut luftdicht verschlossene Gefäß, im Wasserbade versenkt, stundenlang der Einwirkung erhöhter Temperaturen ausgesetzt wurde. Hierbei hat sich denn, um das wesentliche Resultat der vorliegenden Versuche gleich vorwegzunehmen, gezeigt, daß in den vorgeschriebenen Peptonlösungen niemals eine Entwicklung und Neubildung organisierter Materie statthat, wenn die Siedehitze allseitig und genügend lange auf das Objekt der Experimente einwirken kann.

16. Gscheidlen, R.: Über die Abiogenesis Huizingas. Pflügers Archiv, Bd. 9, S. 163. 1874.

Ich bereitete mir genau nach Huizingas Angaben eine Mischung von Peptonen und Traubenzucker, oder Käse- und Rübendekokt, brachte die Mischungen in über 200° erhitzte Kölbchen, siedete und schmolz dann zu. Hierauf brachte ich die Kölbchen in ein Chlorkalciumbad und ließ sie dort bei 105—110° C 5—10 Minuten verweilen. Nach dem Erkalten wurden sie in den Brütofen gestellt. Niemals trat bei dieser Prozedur Bakterienbildung auf. Da ich die Lösungen genau nach Huizingas Angaben bereitet hatte, Huizinga aber stets in derartigen Mischungen Bakterien auftreten sah, so folgt aus den eben angegebenen Versuchen nach meiner Meinung, daß in Huizingas Gemengen die Bakterien einer Temperatur von 100° 5—10 Minuten lang zu widerstehen vermögen, nicht aber einer von 105 bis 110° in eingeschmolzenem Glasrohre während der nämlichen Zeit. Auf das schlagendste wird diese Meinung durch folgende Versuche bewiesen:

Eine Glasröhre A wurde an einem Ende ausgezogen, rechtwinklig gebogen und zugeschmolzen. Dieselbe wurde in eine etwas weitere Röhre B eingeschmolzen. In B wurde hierauf behutsam ein Stück schweren Glases G gebracht, dabei die Vorsicht beachtend, daß beim Einbringen des Glases die Spitze der Röhre A nicht abgeschlagen wird; weiter wurde B an dem freien Ende verjüngt und aufwärts gebogen; ebenso verfuhr man mit der Röhre A. Hernach brachte ich in B Rübenabkochung, in A Rübenabkochung mit Käse. Der Apparat also gefüllt wurde in ein Wasserbad gebracht, und als die Flüssigkeiten siedeten, wurden A und B zugeschmolzen. Der Apparat, der nunmehr das Aussehen beistehender Figur hatte, wurde herausgenommen und nach erfolgter Abkühlung im Wasserbade 10 Minuten gekocht.

Nach dem Erkalten wurde er geschüttelt. Das Glasstück G schlug die Spitze der Röhre A ab und beide Flüssigkeiten mischten sich. Durch diese Mischung wurde das von Huizinga angegebene Verhältnis von Rübenabkochung und Käse hergestellt. In den Brütofen gebracht wimmelte die Mischung in 3—4 Tagen von Bakterien. Stellte man den Versuch in der Weise an, daß zuerst die Röhre A, mit dem Käse und der Rübenabkochung gefüllt, gekocht, zuge-

schmolzen und im Chlorcalciumbad 5—10 Minuten bei 105—110° C erhitzt wurde, und brachte man dann nach dem Erkalten in B das Glasstück und die Rübenabkochung, schmolz nach dem Kochen zu und ließ den Apparat 10 Minuten in siedendem Wasser verweilen, so trat nach dem Schütteln und der darauffolgenden Mischung niemals Bakterienbildung bei Brutwärme auf.

Daraus folgt, daß mit dem Käse Bakterien eingeführt wurden, die einer Temperatur von 100° C während 10 Minuten widerstehen; denn in der Rübenabkochung allein, 10 Minuten in einem Kölbchen gekocht und mit Baumwolle verstopft, tritt keine Entwicklung von Bakterien, wie auch Huizinga angibt, auf.

17. Putzeys, F.: Über die Abiogenesis Huizingas. Arch. f. d. ges. Phys., Bd. 9, S. 391.

18. Cohn, F.: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. S. 189.

Bekanntlich hat Ch. Bastian im Jahre 1872 einen aufsehenerregenden Versuch veröffentlicht, welcher die Entstehung der Bakterien durch Urzeugung in gewissen Mischungen erhärten sollte, in denen durch längeres Kochen die früher vorhandenen Keime getötet sein mußten. Die von ihm benutzte Flüssigkeit bestand aus einem Dekokt von weißen Rüben, welchem eine kleine Menge Käse zugesetzt und darin gekocht war. Die filtrierte und neutralisierte Flüssigkeit, in einem Kolben 10 Minuten gekocht und während des Siedens durch Zuschmelzen des Kolbenhalses hermetisch verschlossen, wimmelte nach 3 Tagen von Bakterien. Bald nachdem mir diese Versuche bekannt wurden, wiederholte ich dieselben (9. Mai 1873) im pflanzenphysiologischen Institut. Ein Kölbchen, dessen Hals in eine dünne offene Spitze ausgezogen, wurde mit destilliertem Wasser gefüllt und auf dem Drahtnetz über einer Gasflamme zum Sieden gebracht; nachdem beide 10 Minuten kochend erhalten, wurde das Kölbchen umgekehrt mit der Spitze in die Flüssigkeit im Becherglas getaucht, sodann die Flamme entfernt; der im Kölbchen entwickelte Wasserdampf treibt zunächst den Rest des siedenden Wassers in das Dekokt; beim allmählichen Abkühlen aber steigt das letztere in das Kölbchen hinein; sobald dieses fast gefüllt, wird es herausgenommen und die Spitze sofort zugeschmolzen. Gleichwohl trübte sich die anfangs klare Flüssigkeit im Kölbchen nach 3—4 Tagen; jedoch waren es nicht die gewöhnlichen Fäulnisbakterien (B. Termo), sondern längere in gebrochenen Ketten umherschwimmende Bazillusstäbchen und -Fäden, die sich entwickelt hatten.

Ch. Bastian hat aus seinem Experiment den Schluß gezogen, daß im Rüben-Dekokt lebende Organismen durch Urzeugung neu entstehen, selbst wenn alle früher vorhandenen Keime durch die Hitze getötet sind.

Ich würde die Beweiskraft des Bastian'schen Versuchs für die Entstehung gewisser Bakterien durch Urzeugung nur dann gelten lassen, wenn derselbe unbedingt die Möglichkeit ausschlösse, daß in dem Rüben-Käse-Dekokt entwicklungsfähige Keime vorhanden seien, welche durch die in Anwendung gekommene Temperatur während der Versuchszeit nicht getötet wurden. Allerdings ist nicht zu bezweifeln, daß die gewöhnlichen beweglichen und ruhenden Zustände der Bakterien durch Kochen vernichtet werden; aber könnte es nicht besondere Entwicklungszustände oder Keime geben, welche der Siedehitze längere Zeit Widerstand leisten? Daß derartige Keime im wäßrigen Rübenauszug vorhanden seien, ist allerdings nicht wahrscheinlich, da nach tausendfältigen Erfahrungen im großen und kleinen frische Pflanzengewebe (Gemüse) durch Kochen konserviert, d. h. die in ihnen vorhandenen Fäulniskeime zerstört werden; desto eher ließ sich vermuten, daß der in fester Form zugefügte Käse etwaige eingeschlossene Keime länger vor der tödlichen Siedehitze werde schützen könen.

Ich stellte mir daher die Aufgabe zu ermitteln, ob und welche Fermentorganismen bei der Darstellung der süßen, fetten Käse eine Rolle spielen.

Ist diese Deutung richtig, so begreift sich der Bastian'sche Versuch ohne Schwierigkeit. Die Köpfchenbakterien der Labflüssigkeit werden der Milch zugesetzt und in dem Kaseinbrei verteilt; es ist anzunehmen und steht im Einklang mit den an trockenen Penicillium- und anderen Pilzsporen gemachten Erfahrungen, daß die in der festen, trockenen und schlecht wärmeleitenden Käsemasse eingeschlossenen Köpfchen oder Dauersporen, die den Vegetationsverlauf der Bazillen beschließen und ihre Erhaltung unter ungünstigen Lebensbedingungen ermöglichen, selbst durch kurzes Kochen nicht sämtlich ihre Keimfähigkeit verlieren, daß vielmehr einzelne von ihnen neuen Bazillusfäden den Ursprung geben, sobald sie in eine geeignete Nährflüssigkeit (Rübendekokt) gelangen.

Fassen wir die Gesamtheit der obigen Beobachtungen zusammen, so geben sie uns folgenden Überblick über die Vorgänge bei der Käsebildung. Der Labauszug enthält ein flüssiges Ferment, welches die Koagulierung der Milch bewirkt, und Fermentorganismen (Bacillus), welche wahrscheinlich Buttersäuregärung einleiten und auch

das langsame Reifen des Käses veranlassen; ihre Dauersporen sind es, welche von der trockenen Käsesubstanz eingeschlossen, der Siedehitze eine Zeitlang widerstehen, und in geeigneter Nährflüssigkeit sich wieder zu Bazillusstäbchen entwickeln können.

Schließlich bemerke ich noch, daß die Bildung von Dauersporen nicht bloß bei den Bazillen des Labaufgusses, sondern auch in zahlreichen anderen Fällen von mir beobachtet worden ist; insbesondere in einem Aufguß destillierten Wassers auf gekochte Erbsen etc., welcher mehrere Tage hindurch bei 45° erhalten wurde, entwickelte sich keine eigentliche Fäulnis, die durch Bact. Termo charakterisiert ist, sondern Buttersäuregärung, das getrübte Wasser wimmelte von Bazillusfäden, in denen sich an den Enden, aber auch inmitten des Fadens oft reihenweise hintereinander die stark lichtbrechenden Körperchen bildeten, die ich für Dauersporen halten muß; nach Zerstörung der Fäden blieben sie zurück und schienen auch zu keimen.

Lebenslauf.

Am 1. September 1913 wurde ich als Sohn des Reichsbahninspektors Wilhelm K r u g und seiner Gattin Maria geb. Jorissen in Düsseldorf geboren. Ich besuchte die Volksschule und das Gymnasium in Oberhausen, das ich am 9. März 1934 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Im Sommer 1935 begann ich in Bonn mit dem Studium der Zahnheilkunde. Im Sommer 1938 bestand ich in Würzburg das zahnärztliche Staatsexamen.

Ehrenwörtliche Versicherung.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich vorstehende Arbeit selbständig verfaßt und außer den von mir angegebenen Hilfsmitteln keine anderen verwendet habe.

Würzburg, 16. 2. 1939.

K r u g Wilh.